

Attorney Docket # 5367-73

Patent



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of

Stefan BADER et al.

Serial No.: 10/748,305

Filed: December 30, 2003

For: Substrate Holder

Mail Stop
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

LETTER TRANSMITTING PRIORITY DOCUMENT

SIR:

In order to complete the claim to priority in the above-identified application under 35 U.S.C. §119, enclosed herewith is a certified copy of the foreign application on which the claim of priority is based: Application No. **102 61 362.1**, filed on December 30, 2002, in Germany.

Respectfully submitted,
COHEN, PONTANI, LIEBERMAN & PAVANE

By *Thomas Langer*
Thomas Langer
Reg. No. 27,264
551 Fifth Avenue, Suite 1210
New York, New York 10176
(212) 687-2770

Dated: June 7, 2004

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 61 362.1

Anmeldetag: 30. Dezember 2002

Anmelder/Inhaber: Osram Opto Semiconductors GmbH,
93049 Regensburg/DE

Bezeichnung: Substrat-Halter

IPC: C 30 B, C 23 C

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 15. Januar 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, likely belonging to the official representing the German Patent and Trademark Office.

Wallner

Beschreibung

Substrat-Halter

5 Die Erfindung betrifft einen Substrat-Halter, insbesondere für eine Anlage zur epitaktischen Abscheidung von Halbleitermaterial auf einem Substrat, mit einer Substrat-Auflageseite und einer von dieser abgewandten Halterrückseite und eine Anlage zur Abscheidung eines Halbleitermaterials nach dem
10 Oberbegriff des Anspruchs 26.

Solche Substrat-Halter werden beispielsweise in der metallorganischen Gasphasenepitaxie (MOVPE) eingesetzt. Für das Abscheiden von Nitrid-Verbindungen weist ein aus Graphit
15 bestehender Substrat-Halter typischerweise eine SiC-Beschichtung auf. Das Substrat liegt dann auf der SiC-Beschichtung auf.

Nachteilig an dieser Art von Substrat-Halter ist die Entstehung von Temperaturinhomogenitäten auf der Oberfläche des
20 Substrats während des Abscheidens bei erhöhten Temperaturen. Das Halbleitermaterial wird auf dieser Substrat-Oberfläche abgeschieden. Die Emissionswellenlänge von einigen strahlungsemitierenden Halbleitermaterialien ist stark von der Abscheidetemperatur abhängig, die der Oberflächentemperatur des Substrats entspricht. Zum Beispiel die Emissionswellenlänge von GaN-basierenden Materialien (insbesondere von GaInN) ist stark temperaturabhängig. Hier findet das Abscheiden typischerweise bei Temperaturen zwischen 700°C und 800°C
25 statt. Um sicher zu stellen, dass das abgeschiedene Halbleitermaterial eine möglichst enge Emissionswellenlängen-Verteilung (und letztendlich geringe Variation in der Emissionswellenlänge der fertigen Bauelemente) aufweist, ist es notwendig, eine möglichst homogene Temperaturverteilung auf
30 der Substrat-Oberfläche zu erzielen. Für das Abscheiden von GaInN ist beispielsweise eine Temperaturverteilung mit Temperaturdifferenzen von weniger als 5°C erwünscht. Besonders

temperaturempfindlich ist das Abscheiden von AlInGaN, bei dem eine Temperaturdifferenz von mehr als 1°C zu großen Variationen in der Emissionswellenlänge der AlInGaN Bauelemente führen kann.

5

Neben der Temperaturverteilung auf der Substrat-Halteroberfläche spielt sowohl das Material des Substrats als auch dessen Planarität, thermische Leitfähigkeit und Verspannung eine entscheidende Rolle für die Oberflächentemperatur auf dem Substrat. Die Epitaxie auf Saphir-Substraten unterscheidet sich wesentlich von der Epitaxie auf SiC-Substraten, indem stark unterschiedliche Temperaturprofile auf der Substrat-Oberfläche und damit auch eine unterschiedlich breite Wellenlängen-Verteilung im abgeschiedenen Halbleitermaterial entstehen. Die Temperaturverteilung auf der Oberfläche von SiC-Substraten unterscheidet sich daher deutlich von der auf Saphir-Substraten. Dies hat unter anderem einen sehr viel größeren Wellenlängengang des abgeschiedenen Halbleitermaterials zur Folge.

20

Die überwiegende Mehrheit der Halbleiter-Hersteller verwendet Saphir als Wachstumssubstrat für das AlInGaN-Materialsystem. Aus diesem Grund sind die Substrathalter der gängigen Anlagenhersteller für Saphir-Substrate ausgelegt, bei denen das oben genannte Problem nicht auftritt. Daher sind bisher auch keine Maßnahmen bekannt, die speziell eine Homogenisierung der Substrat-Oberflächentemperatur und damit auch der Emissionswellenlänge des abgeschiedenen Halbleitermaterials bewirken.

30

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen Substrat-Halter bzw. eine Anlage der eingangs genannten Art zu entwickeln, das bzw. die das Abscheiden von Halbleitermaterial mit einer möglichst engen Emissionswellenlängen-Verteilung erlaubt.

35

Die Aufgabe wird durch einen Substrat-Halter mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 bzw. eine Anlage mit den Merkmalen des Patentanspruchs 26 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

5

Die Erfindung schlägt vor, einen Substrat-Halter mit einer Temperaturlausgleichsstruktur zu verwenden, der ein definiertes Temperaturprofil oder insbesondere eine weitestgehend gleichmäßige Temperatur über die gesamte Substrat-Oberfläche des auf dem Substrat-Halter befindlichen Substrats bewirkt bzw. eine Anlage zur epitaktischen Abscheidung eines Halbleitermaterials zu verwenden, die ein solcher Substrat-Halter umfasst.

15 Eine Temperaturlausgleichsstruktur der oben genannten Art erzeugt gezielte Temperaturinhomogenitäten auf der Substrat-Halteroberfläche, die wiederum die Temperaturverteilung auf der Substrat-Oberfläche glätten. An den Stellen des Substrats, die heißer sind, wird in dem Substrat-Halter eine
20 Temperaturlausgleichsstruktur mit entsprechend abkühlender Wirkung auf diese Stellen eingebaut. An den Stellen, die kühler sind, wird umgekehrt in dem Substrat-Halter eine Temperaturlausgleichsstruktur mit einer höheren Wärmeübertragung auf das Substrat eingebaut. Auf diese Weise werden die
25 Temperaturinhomogenitäten auf der Substratoberfläche ausgeglichen.

Das Substrat kann mittels Konvektion, Wärmestrahlung und/oder Wärmeleitung beheizt werden. Typischerweise wird eine Widerstands- oder Induktionsheizung verwendet. Bei Widerstandsheizung wird der Substrat-Halter direkt beispielsweise mittels eines Heizdrahts (nämlich des Heizkörpers) geheizt. Bei Induktionsheizung wird ein elektrisch leitender Substrat-Halter dadurch geheizt, dass ein Strom im Substrat-Halter
30 durch Induktion erzeugt wird. Der Substrat-Halter ist hier zugleich der Heizkörper. In beiden Fällen wird bei einem
35 direkt aufgelegten Substrat der größte Teil der Wärme vom

Substrat-Halter mittels Wärmeleitung auf das Substrat übertragen. Um ein weitestgehend homogenes Temperaturprofil bei einer solchen Gestaltung zu erreichen, ist es notwendig, guten Kontakt zwischen dem Substrat und dem Substrat-Halter
5 möglichst über die gesamte untere Oberfläche des Substrats zu gewährleisten.

Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform sieht vor, das Substrat auf dem Substrat-Halter so aufzulegen, dass ein
10 Spalt zwischen dem Substrat und dem Substrat-Halter entsteht. Der Spalt muss dabei so groß gewählt werden, dass die Wärmeübertragung überwiegend durch Wärmestrahlung geschieht, und dass die Wärmeleitung weitgehend vernachlässigt werden kann. So wird das Substrat vorteilhafterweise hauptsächlich mittels
15 Wärmestrahlung und Konvektion geheizt. In diesem Fall ist es zum gleichmäßigen Beheizen notwendig, dass der Abstand zwischen dem Substrat-Halter und dem Substrat möglichst über das ganze Substrat konstant ist. Da das Substrat sich während des Heizens durchbiegen kann, kann das Substrat dadurch in direkten Kontakt mit dem Substrat-Halter kommen, wobei eine heißere Stelle durch direkte Wärmeleitung an der Substrat-
20 Oberfläche gebildet wird. Um einen solchen Kontakt zu vermeiden, kann der Spalt zwischen dem Substrat und dem Substrat-Halter so ausgewählt werden, dass der Spalt größer ist als
25 die erwartete Durchbiegung des Substrats. Vorteilhafterweise kann der Spalt mittels einer Substrat-Auflagestruktur (z.B. eines Auflagerings) erzeugt werden.

Üblicherweise liegt das Substrat in einer Vertiefung des
30 Substrathalters. Der Randbereich des Substrats wird deshalb sowohl von der Unterseite als auch von der Seite beheizt und ist folglich heißer als die Mitte des Substrats. Um dieses Überheizen des Randes auszugleichen, kann vorzugsweise eine umlaufende ringförmige Nut auf der Substrat-Auflageseite oder
35 auf der Rückseite des Substrat-Halters integriert werden. Sind der Substrat-Halter und die Heizquelle durch einen Spalt getrennt, wird eine Nut auf der Rückseite des Substrat-

Halters bevorzugt. Eine Nut auf der Halterrückseite dient dazu, dass der Substrat-Halter direkt oberhalb der Nut und damit auch der die Nut umgebende Bereich des Substrat-Halters kühler ist als der Rest des Substrat-Halters. Dieser kühlere Bereich im Substrat-Halter entsteht, weil die Wärmeübertragung von der Heizquelle zur Substrat-Auflageseite des Substrat-Halters zum großen Teil über Wärmeleitung erfolgt, die von der Entfernung zur Heizquelle abhängig ist, und weil der Abstand zwischen dem Substrat-Halter und der Heizquelle bei der Nut größer ist als an anderen Stellen. Der Spalt ist dabei vorzugsweise so klein gewählt, dass die Wärmeübertragung überwiegend durch Wärmeleitung geschieht, und dass die Wärmestrahlung vernachlässigt werden kann. Das Substrat kann auf dem Substrat-Halter so aufgelegt werden, dass es direkt auf dem Substrat-Halter oder oberhalb des Substrat-Halters auf z.B. einem Auflagering liegt. Zusätzlich kann das Substrat (mit oder ohne Spalt zwischen dem Substrat und dem Substrat-Halter) den Bereich oberhalb der Nut vollständig oder teilweise bedecken oder neben diesem Bereich angeordnet sein.

Dagegen wenn die Heizquelle direkt in Kontakt mit dem Substrat-Halter liegt oder der Substrat-Halter selber die Heizquelle ist, wird eine umlaufende ringförmige Nut auf der Substrat-Auflageseite des Substrat-Halters bevorzugt. In einer solcher Gestaltung kann das Substrat zumindest teilweise über der Nut aufgelegt werden. Günstigerweise wird die Nut vollständig bedeckt, um das Abscheiden von Halbleitermaterial auf der Unterseite des Substrats zu vermeiden. Halbleitermaterial auf der Unterseite des Substrats stellt Probleme bei der weiteren Verarbeitung des Halbleiterbauelements dar. Das Substrat kann auch den Bereich des Substrat-Halters zwischen dem Rand und der Nut bedecken. Die bereits genannten Anordnungen sind auch möglich in Kombination mit einem Spalt zwischen dem Substrat und dem Substrat-Halter.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform wird die Substrat-Auflageseite des Substrat-Halters mit mehreren Nuten ausgestattet, deren Abstand von einander und/oder deren Tiefe an das Temperaturprofil des Substrats angepasst ist. Das
5 heißt i.d.R., dass der Abstand zwischen Nuten in Bereichen, die höhere Temperaturen aufweisen, kleiner ist als in Bereichen, die niedrigere Temperaturen aufweisen. Ähnlicherweise kann die Tiefe der Nute so eingestellt werden, dass die Bereiche mit höheren Temperaturen tiefere Nute aufweisen als
10 Bereichen mit niedrigeren Temperaturen.

Günstigerweise kann der Substrat-Halter eine Texturierung auf der Substrat-Auflageseite oder Halterrückseite aufweisen, die aus einem dreidimensionalen Muster besteht. Ein solches
15 Muster ist beispielsweise eine Schraffur, die aus feinen parallelen Gräben besteht. Eine Kreuz-Schraffur sowie andere Muster, die beispielsweise auch Gruben umfassen können, sind auch geeignet. In Bereichen höherer Temperatur ist das Muster dichter geordnet als in Bereichen niedrigerer Temperatur. In
20 diesem Fall entspricht ein dichteres Muster einem Muster, bei dem die Musterelemente (z.B. die Gräben und/oder Gruben) näher an einander angeordnet sind und ggf. kleiner ausgebildet sind.

25 Vorteilhafterweise wird die Substrat-Auflageseite des Substrat-Halters mit mehreren umlaufenden Stufen versehen, so dass eine kontinuierliche Abstufung (nämlich ein kontinuierlich abgestuftes Relief) gebildet ist. Diese Gestaltung ist in Verbindung mit einem Beheizen des Substrats hauptsächlich
30 durch Wärmeleitung bevorzugt, nämlich wenn ein Spalt zwischen dem Substrat und dem Substrat-Halter vorhanden ist, der hinreichend klein ist. Die Tiefe der Stufen wird auf dem Temperaturprofil des Substrats angepasst, so dass die tieferen Stufen sich unterhalb der Bereiche des Substrats befinden,
35 in denen höhere Temperaturen herrschen, und die kleineren Stufen da angeordnet sind, wo niedrigere Temperaturen herrschen.

Eine weitere Ausführungsform weist eine Ausnehmung auf der Substrat-Auflageseite des Substrat-Halters auf, in oder über der das Substrat zumindest teilweise angeordnet wird. Diese
5 Gestaltung ist besonders vorteilhaft in Verbindung mit einer Substrat-Auflagestruktur, weil die Unterseite des tiefer gesetzten Substrats weniger dem Abscheiden von Halbleitermaterial ausgesetzt wird.

- 10 Vorzugsweise liegt die Oberflächenrauigkeit bzw. -ebenheit des Substrat-Halters in der gleichen Größenordnung wie die der verwendeten Substrate.

- Vorzugsweise besteht der Substrat-Halter aus einem SiC-
15 Vollmaterial statt des herkömmlichen SiC-beschichteten Graphits. Dies führt zu verbesserter Wärmeleitfähigkeit des Substrat-Halters und damit homogenen Temperaturen, längerer Haltbarkeit des Substrat-Halters wegen des Ausfalls thermischer Spannungen zwischen der Beschichtung und dem Graphit
20 und vereinfachter (chemischer und mechanischer) Reinigung des Substrat-Halters. Substrat-Halter, die aus SiC-Vollmaterial bestehen, können nachträglich weiter bearbeitet und/oder profiliert werden (z.B. mit einem Materialbearbeitungslaser).

- 25 Kombinationen von zwei oder mehreren der oben beschriebenen Ausführungsformen sind auch denkbar.

- Im folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den Figuren 1 bis 9 näher erläutert.
30

Es zeigen

- Figuren 1a und 1b jeweils eine schematische Schnittdarstellung und eine schematische Draufsicht eines ersten
35 Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Substrat-Halters,

Figuren 2a bis 2d schematische Schnittdarstellungen verschiedener Variationen eines ersten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Substrat-Halters,

5

Figur 3 eine schematische Draufsicht eines zweiten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Substrat-Halters,

10 Figuren 4a bis 4e schematische Schnittdarstellungen verschiedener Variationen eines zweiten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Substrat-Halters,

15 Figur 5 eine schematische Draufsicht eines dritten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Substrat-Halters,

20 Figuren 6a, 6b und 6c jeweils eine schematische Schnittdarstellung bzw. eine schematische Draufsicht eines vierten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Substrat-Halters,

25 Figuren 7a und 7b jeweils eine schematische Schnittdarstellung und eine schematische Draufsicht eines fünften Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Substrat-Halters,

30 Figur 8 eine schematische Schnittdarstellung eines sechsten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Substrat-Halters und

35 Figur 9 eine schematische Draufsicht eines siebten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Substrat-Halters.

Gleiche oder gleichwirkende Elemente sind in den Figuren mit denselben Bezugszeichen versehen. Die Figuren sind nicht

maßstabgerecht dargestellt, um dem besseren Verständnis zu dienen.

Der in den Figuren 1a und 1b dargestellte Substrat-Halter 1 weist eine Nut 4 auf der Unterseite umlaufend am Rand des Substrat-Halters 1 auf. Beispielsweise besteht der Substrat-Halter 1 aus einem SiC-Vollmaterial und weist eine Dicke von ca. 7 mm auf. Die Nut 4 kann auch auf der Oberseite des Substrat-Halters angeordnet werden. Die Nut 4 ist beispielsweise 3,5 mm tief und 2,5 mm breit. Die Breite kann aber auch bis zu 80% des Radius des Substrat-Halters 1 betragen. Sie weist beispielsweise im Querschnitt eine viereckige Form auf. Je nach Temperaturprofil kann die Größe und der Querschnitt der Nut 4 variiert werden, um eine weitgehend gleichmäßige Temperaturverteilung über den Substrat-Halter 1 zu erreichen. Auf dem Substrat-Halter 1 liegt ein Substrat 2, auf dem das Halbleitermaterial aufgebracht wird. Unterhalb des Substrat-Halters 1 wird eine Heizquelle 11 zum Beheizen des Substrat-Halters 1 angeordnet (nicht in den Figuren 1a und 1b sondern in den Figuren 2a bis 2d dargestellt).

Vorzugsweise wird die Heizquelle 11 durch einen Spalt 12 von dem Substrat-Halter 1 getrennt, weil die Erwärmung des Substrat-Halters 1 dann durch Strahlung erfolgt. Demgemäß wird der Teil des Substrat-Halters 1 oberhalb der Nut 4 weniger erwärmt als der restliche Teil des Substrat-Halters 1, weil er weiter entfernt von der Strahlungsquelle (nämlich der Heizquelle 11) ist. Die Nut 4 läuft durchgehend am Rand des Substrat-Halters 1 um (siehe Figur 1b). In diesem Ausführungsbeispiel wird das Substrat 2 direkt auf dem Substrat-Halter 1 neben dem Bereich aufgelegt, der unmittelbar oberhalb der Nut 4 liegt.

In den Figuren 2a bis 2d werden weitere mögliche relative Anordnungen von Substrat 2, Substrat-Halter 1 und Nut 4 gezeigt. Die Figuren 2a und 2b zeigen Substrate, die direkt auf dem Substrat-Halter 1 aufgelegt sind, einmal den Bereich

oberhalb der Nut 4 teilweise bedeckend (siehe Figur 2a) und einmal die Bereiche oberhalb der Nut 4 und zwischen der Nut 4 und dem Rand bedeckend (siehe Figur 2b). Die Figuren 2c und 2d zeigen Substrate 2, die durch einen Spalt 8 von dem Substrat-Halter 1 beabstandet sind. Dieser Spalt 8 wird beispielsweise mittels einer (nicht dargestellten) Auflagestruktur erzeugt. In Figur 2c ist der Bereich oberhalb der Nut nicht vom Substrat 2 bedeckt und in Figur 2d ist dieser Bereich sowie teilweise der Bereich zwischen der Nut 4 und dem Rand bedeckt. Andere weitere Positionen des Substrats 2 sind auch denkbar.

In einem zweiten Ausführungsbeispiel wird die in den Figuren 1 und 2 gezeigte Nut 4 auf der Oberseite des Substrat-Halters 1 am Rand angeordnet (siehe Figur 3). Eine solche Anordnung ist für ein Beheizen durch Wärmeleitung (z.B. Kontaktheizung oder Induktionsheizung) besser geeignet, weil der üblicherweise heißere Randbereich des Substrates 2 oberhalb der Nut 4 angeordnet werden kann. Der Randbereich des Substrates 2 wird dann nicht so stark geheizt wie die Teile des Substrates 2, die in direktem Kontakt mit dem Substrat-Halter 1 stehen. Beispielsweise bedeckt das in Figur 3 gezeigte Substrat 2 die Nut 4 vollständig, so dass ein geschlossener und z.B. mit Gas gefüllter Spalt zwischen der Unterseite des Substrates 2 und dem Substrat-Halter 1 entsteht.

Das Substrat 2 kann die Nut 4 auch teilweise bedecken oder die Substrat-Halteroberfläche zwischen der Nut 4 und dem Rand zumindest teilweise bedecken (siehe Figuren 4a bis 4c).

Vorzugsweise wird die Nut 4 vollständig bedeckt, so dass während der Abscheidung des Halbleitermaterials kein Halbleitermaterial auf der Unterseite des Substrats 2 abgeschieden wird. Das Substrat 2 kann auch durch einen Spalt 8 vom Substrat-Halter 1 getrennt sein (siehe Figuren 4d und 4e).

Mittels einer (nicht dargestellten) Auflagestruktur wird der Spalt 8 erzeugt. Wenn der gesamte Randbereich des Substrats 2 auf einer dem Rand folgenden Auflagestruktur sitzt, wird der

Unterseite des Substrats 2 vor dem Abscheiden des Halbleitermaterials geschützt, weil der Spalt 8 als Folge davon geschlossen ist.

5 In Figur 5 wird ein drittes Ausführungsbeispiel dargestellt. Der Substrat-Halter 1 weist auf der Ober- oder Unterseite eine Profilierung aus, die aus mehreren kleinen Nuten 4 besteht. Die Nute 4 sind hier beispielsweise 25 μm breit und 100 μm tief. Sie sind beispielsweise ringförmig und konzentrisch so angeordnet, dass der Abstand zwischen den Nuten 4 im Randbereich des Substrat-Halters 1 kleiner ist als im mittleren Bereich des Substrat-Halters 1, weil der Randbereich üblicherweise höhere Temperaturen aufweist als der mittlere Bereich. Der genaue Abstand zwischen den Nuten 4 (nämlich die Dichte der Nute) wird an dem Temperaturprofil des Substrat-Halters 1 bzw. des Substrates 2 angepaßt. Je mehr die Temperatur des Substrats 2 von der Durchschnittstemperatur des Substrats 2 abweicht, desto dichter ist die Anordnung der Nute 4. Um ein möglichst stetiges Temperaturprofil auf dem Substrat 2 zu erzeugen, ist es notwendig, dass die Profilierung sehr fein ist. Der Substrat-Halter 1 besteht beispielsweise aus einem SiC-Vollmaterial. Der Substrat-Halter 1 kann auch aus Graphit mit einer SiC-Beschichtung auf der Oberseite bestehen, aber die SiC-Beschichtung ist dann vorzugsweise dicker als die Tiefe der Nute 4. Es ist auch denkbar, dass die Profilierung auf der Unterseite des Substrat-Halters angeordnet ist.

Der in Figuren 6a und 6b dargestellte Substrat-Halter 1 weist eine Auflagestruktur, beispielsweise eine ringförmige Auflagestufe 5, auf der Oberseite am Rand auf, die in einer Ausnehmung in der Auflagefläche des Substrat-Halters angeordnet ist. Durch die Randauflage entsteht ein definierter Spalt 8 zwischen dem Substrat-Halter 1 und dem Substrat 2. Dieser Spalt 8 muss zumindest so groß sein, dass trotz Substratdurchbiegung (vor und während der Epitaxie) der Wärmeübertrag stets durch Strahlungswärme geschieht.

Die Auflagestufe ist beispielsweise 1 mm breit und steht 0,5 mm oberhalb des Bodens der Ausnehmung, d. h. in diesem Fall hat der Spalt 8 eine Dicke von 0,5mm. Die Ausnehmung ist
5 vorzugsweise tiefer als die Auflagestufe (d.h. tiefer als 0,5 mm in diesem Beispiel), so dass zumindest die auf der Auflagestufe liegende Unterseite des Substrats 2 tiefer gelegt ist als der Randbereich des Substrat-Halters 1 (siehe Figur 6a).

10



In Figur 6c wird beispielsweise ein Substrat-Halter 1 mit einer Auflagestufe in einer Ausnehmung gezeigt, bei dem das Substrat 2 zwar tiefer gelegt ist als der Randbereich des Substrat-Halters 1, aber die Substrat-Oberfläche aus dem
15 Randbereich des Substrat-Halters 1 herausragt. Die Ausnehmung ist zumindest so groß wie die Oberfläche des Substrats 2, so dass sie diese aufnehmen kann. In diesem Ausführungsbeispiel wird eine Nut 4, wie in Figur 1 dargestellt, zusätzlich eingebaut, muss aber nicht vorhanden sein. Andere Auflage-
20 strukturen sind auch denkbar.



In den Figuren 7a, 7b und 7c wird eine Variante des obigen Ausführungsbeispiels gezeigt. Hier dienen die Podeste 6 als Anschläge mit einem Einschnitt 7 zur Halterung des Substrates
25 2, der zumindest eine Substrat-Auflagefläche 9 aufweist, die parallel zur Substrat-Halteroberfläche liegt. Das Substrat 2 liegt dann in den Einschnitten 7 der Podeste 6 auf den Substrat-Auflageflächen 9, so dass ein Spalt 8 zwischen dem Substrat 2 und dem Substrat-Halter 1 erzeugt wird. Die Ein-
30 schnitte 7 können an die Form des Substratrandes angepaßt werden. Ein Einschnitt 7 kann ca. 1,5 mm breit (nämlich die Hälfte des Durchmessers der Podeste) und ca. 1 mm tief sein. Die Podeste 6 ragen ca. 3 mm über die Substrat-Halter-
oberfläche. Da die Wärmeübertragung vom Substrat-Halter 1 auf
35 das Substrat 2 hier hauptsächlich über Wärmestrahlung geschieht, ist der Spalt 8 vorzugsweise dicker als die erwartete-

te Durchbiegung des Substrats 2 aufgrund thermischer Spannungen.

In den Figuren 8a und 8b werden zwei Varianten eines weiteren Ausführungsbeispiels dargestellt, bei denen die Substrat-Auflageseite des Substrat-Halters mehrere umlaufende konzentrische Stufen 10 aufweist. In Figur 8a liegt das Substrat 2 auf einer Auflagestufe 5 im Randbereich des Substrat-Halters 1 und auf der Substrat-Halteroberfläche im mittleren Bereich. Der Spalt 8 im nicht aufliegenden Bereich zwischen dem Substrat-Halter 1 und dem Substrat 2 ist dadurch ringförmig. Bei hinreichend kleinem Spalt geschieht hier der Wärmeübertrag hauptsächlich mittels Wärmeleitung über den Spalt und Kontaktwärmeleitung im mittleren Bereich des Substrats 2 und bei der Auflagestufe. Das Substrat 2 kann allerdings lediglich auf der Auflagestufe 5 liegen, ohne dass das Substrat 2 in Kontakt mit der mittleren Substrat-Halteroberfläche kommt (siehe Figur 8b). In einem solchen Fall ist ein kreisförmiger Spalt 8 unterschiedlicher, kontinuierlich abgestufter Tiefe gebildet.

Die Tiefe der einzelnen Stufen 10 richtet sich nach dem Temperaturprofil des Substrat-Halters 1, so dass ein weitestgehend gleichmäßiges Temperaturprofil erzielt wird. Da der Rand des Substrat-Halters 1 üblicherweise heißer ist als der mittlere Bereich des Substrat-Halters 1, ist der Abstand zwischen dem Substrat 2 und dem Substrat-Halter 1 größer und die Wärmeübertragung damit geringer. Im Gegensatz dazu ist die Temperatur im mittleren Bereich des Substrat-Halters üblicherweise niedriger und aus diesem Grund wird der mittlere Bereich in Kontakt mit bzw. näher an dem Substrat-Halter 1 angeordnet.

In Figur 9 wird ein Abschnitt eines weiteren Ausführungsbeispiels gezeigt, bei dem die Substrat-Auflagefläche des Substrat-Halters 1 eine Texturierung aufweist. Beispielsweise besteht die Texturierung hier aus Gräben, deren Muster eine

Schraffur bildet. Die Gräben sind unterschiedlich voneinander beabstandet. In Bereichen des Substrats 2, in denen höhere Temperaturen herrschen, ist der Abstand zwischen Gräben im entsprechenden Bereich des Substrat-Halters 1 kleiner (d.h. das Muster ist dichter) als in Bereichen, in denen niedrigere Temperaturen herrschen. Da der Randbereich des Substrats 1 üblicherweise höhere Temperaturen aufweist, wird der in Figur 9 dargestellte Substrat-Halter 1 mit einem dichteren Muster versehen als in dem mittleren Bereich. Die Tiefe der Gräben kann auch an das Temperaturprofil des Substrats 2 angepasst werden, indem tiefere Gräben sich in Bereichen des Substrat-Halters 1 befinden, die gegenüber von heißeren Bereichen des Substrats 2 liegen. Umgekehrt werden flachere bzw. keine Gräben in Bereichen angeordnet, die gegenüber kühleren Bereichen des Substrats 2 liegen. Die Texturierung kann auch Gruben oder andere Muster umfassen.

Patentansprüche

1. Substrat-Halter (1), insbesondere für eine Anlage zur epitaktischen Abscheidung von Halbleitermaterial (3) auf
5 einem Substrat (2), mit einer Substrat-Auflageseite und einer von dieser abgewandten Halterrückseite,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t d a s s ,
der Substrat-Halter (1) eine Temperatenausgleichsstruktur aufweist, die ein definiertes Temperaturprofil über die
10 gesamte Substratfläche eines auf dem oder in der Nähe des Substrat-Halters (1) befindlichen Substrats (2) während eines Prozesses, der ein Aufheizen oder ein Abkühlen beinhaltet, bewirkt.
- 15 2. Substrat-Halter nach Anspruch 1,
bei dem die Temperatenausgleichsstruktur eine weitestgehend gleichmäßige Temperatur über die gesamte Substratfläche bewirkt.
- 20 3. Substrat-Halter nach Anspruch 1 oder 2,
bei dem die Temperatenausgleichsstruktur eine oder mehrere dreidimensionale Strukturen in der Substrat-Auflageseite und/oder in der Halterrückseite ist/sind.
- 25 4. Substrat-Halter nach Anspruch 3,
bei dem die dreidimensionalen Strukturen durch mindestens eine in der Nähe des Randes verlaufende Nut (4) ausgebildet sind.
- 30 5. Substrat-Halter nach Anspruch 4,
bei dem die Breite der Nut(en) (4) höchstens 80% des Radius des Substrat-Halters beträgt und die Tiefe der Nut(en) (4) kleiner als die Dicke des Substrat-Halters (1) oder einer auf der Substrat-Auflageseite befindlichen
35 Beschichtung ist.

6. Substrat-Halter nach Anspruch 4 oder 5,
bei dem die Nut(en) (4) ringförmig und konzentrisch angeordnet ist/sind.
- 5 7. Substrat-Halter nach einem der Ansprüche 4 bis 6,
bei dem der Abstand zwischen den Nuten (4) in Bereichen,
in denen während des oder nach dem genannten Prozess,
insbesondere während des Aufwachsens von Halbleitermaterial höhere Temperaturen herrschen, kleiner ist, als in
10 Bereichen, in denen demgegenüber niedrigere Temperaturen herrschen.
8. Substrat-Halter nach einem der Ansprüche 4 bis 7,
bei dem die Tiefe der Nuten (4) in Bereichen, in denen
15 während des Aufwachsens von Halbleitermaterial höhere Temperaturen herrschen, größer ist, als in Bereichen, in denen demgegenüber niedrigere Temperaturen herrschen.
9. Substrat-Halter nach einem der Ansprüche 4 bis 8,
20 bei dem die Nut(en) (4) im Querschnitt ein Viereck, einen Kreis, ein Oval oder einen Abschnitt von einer dieser Formen aufweist/aufweisen.
10. Substrat-Halter nach einem der vorherigen Ansprüche,
25 bei dem die Temperaturlausgleichsstruktur eine Texturierung umfaßt.
11. Substrat-Halter nach Anspruch 10,
bei dem die Texturierung mehrere Gräben und/oder Gruben
30 enthält, deren Abstand voneinander so an das Temperaturprofil des Substrat-Halters (1) angepasst ist, dass der Abstand zwischen Gräben und/oder Gruben in Bereichen, in denen während des Aufwachsens von Halbleitermaterial höhere Temperaturen herrschen, kleiner ist, als in Bereichen,
35 in denen demgegenüber niedrigere Temperaturen herrschen.

12. Substrat-Halter nach Anspruch 10 oder 11,
bei dem die Texturierung mehrere Gräben und/oder Gruben
enthält, deren Tiefe so an das Temperaturprofil des Sub-
strat-Halters (1) angepasst ist, dass die Gräben und/oder
5 Gruben in Bereichen, in denen während des Aufwachsens von
Halbleitermaterial höhere Temperaturen herrschen, tiefer
sind, als in Bereichen, in denen demgegenüber niedrigere
Temperaturen herrschen.
- 10 13. Substrat-Halter nach einem der Ansprüche 10 bis 12,
bei dem die Texturierung
- Gräben, die sich zumindest zum Teil kreuzen,
 - Gräben, die zumindest zum Teil parallel zueinander an-
geordnet sind,
 - 15 - Gräben, die zumindest zum Teil gekrümmt sind,
 - Gruben, die punktförmig, kreisförmig oder quaderförmig
sind,
 - Gruben, die eine Kombination von punktförmigen, kreis-
förmigen und/oder quaderförmigen Formen aufweisen, oder
 - 20 - Gräben und/oder Gruben enthält, die eine Kombination
von zumindest zwei der oben genannten Formen aufweisen.
14. Substrat-Halter nach einem der vorherigen Ansprüche,
bei dem die Temperatenausgleichsstruktur mehrere umlau-
fende Stufen von unterschiedlichen Tiefen umfaßt.
- 25 15. Substrat-Halter nach Anspruch 14,
bei dem die Stufen konzentrisch und mittig angeordnet
sind.
- 30 16. Substrat-Halter nach Anspruch 14 oder 15,
bei dem die mit Stufen versehene Oberfläche ein kontinu-
ierlich abgestuftes Relief aufweist.
- 35 17. Substrat-Halter nach einem der Ansprüche 14 bis 16,
bei dem die Tiefe der Stufen an das Temperaturprofil des
Substrat-Halters (1) so angepasst ist, dass die Tiefe der

Stufen in Bereichen, in denen während des Aufwachsens von Halbleitermaterial höhere Temperaturen herrschen, größer ist, als in Bereichen, in denen demgegenüber niedrigere Temperaturen herrschen.

5

18. Substrat-Halter nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 17,

10

bei dem die Substrat-Auflageseite eine Substrat-Auflagestruktur aufweist, vermittels der bei aufgelegtem Substrat ein Spalt (8) zwischen dem Substrat (2) und dem Substrat-Halter ausgebildet ist.

15

19. Substrat-Halter nach Anspruch 18,

bei dem die Substrat-Auflagestruktur derart gestaltet ist, dass im wesentlichen ausschließlich der Rand oder randseitige Bereiche des Substrats (2) auf dieser aufliegen und das Substrat (2) im übrigen Bereich im wesentlichen keinen Kontakt mit dem Substrat-Halter (1) aufweist.

20

20. Substrat-Halter nach Anspruch 18 oder 19,

bei dem die Substrat-Auflagestruktur eine um das Substrat umlaufende Stufe ist.

25

21. Substrat-Halter nach einem der Ansprüche 18 bis 20,

bei dem die Substrat-Auflagestruktur zumindest einen Substratanschlag zur Halterung des Substrats (2) umfasst, der eine Substrat-Auflagefläche (9) oberhalb der Substrat-Halter-Oberfläche aufweist.

30

22. Substrat-Halter nach Anspruch 21,

bei dem der Substratanschlag durch eine Halbkugel oder ein Podest (6) mit einem Einschnitt (7), der zumindest eine Substrat-Auflagefläche (9) parallel zu und oberhalb der Substrat-Halter-Oberfläche aufweist.

35

23. Substrat-Halter nach mindestens einem der vorherigen Ansprüche,

bei dem eine Ausnehmung auf der Substrat-Auflageseite des Substrat-Halters (1) vorgesehen ist, die zumindest ausreichend groß ist, dass das Substrat (2) zumindest teilweise in der Ausnehmung parallel zur Auflagefläche des Substrat-Halters (1) angeordnet sein kann.

5

24. Substrat-Halter nach mindestens einem der vorherigen Ansprüche,
bei dem die Oberfläche des Substrat-Halters eine Rauigkeit von weniger als 10 μm aufweist.

10

25. Substrat-Halter nach mindestens einem der vorherigen Ansprüche,
bei dem das Substrat-Halter (1) zumindest eine geschliffene und/oder polierte Oberfläche aufweist.

15

26. Anlage zur epitaktischen Abscheidung eines Halbleitermaterials (3) auf einem Substrat (2) mit zumindest einem Reaktor, einem Gas-Mischensystem und einem Abgassystem, wobei der Reaktor zumindest einen Substrat-Halter (1), einen Träger für den Substrat-Halter (1) und ein Mittel zum Beheizen aufweist,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t dass,
der Substrat-Halter (1) gemäß einem der vorherigen Ansprüche ausgebildet ist.

20

25

Zusammenfassung

Substrat-Halter

- 5 Zum Erzielen einer weitestgehend gleichmäßigen Temperatur über die gesamte Fläche eines Substrats (2) während eines Temperaturschrittes und insbesondere während eines Epitaxieverfahrens werden Temperaturnausgleichstrukturen in einem Substrat-Halter (1) eingebaut, auf dem das Substrat (2) sich
10 befindet. Eine gleichmäßige Temperatur-Verteilung auf der Substrat-Oberfläche während des Abscheidens eines Halbleitermaterials verringert den Emissionswellenlängengang des abgeschiedenen Halbleitermaterials. Die Temperaturnausgleichstrukturen erzeugen gezielte Temperaturinhomogenitäten in dem
15 Substrat-Halter (1), die das Temperaturprofil des Substrats (2) glätten. Beispielsweise wird eine Nut (4) mit abkühlender Wirkung und eine Auflagestufe (5), die einen Spalt (8) zwischen dem Substrat (2) und dem Substrat-Halter (1) erzeugt, im Randbereich des Substrat-Halters (1) integriert.

20

(Figur 6c)

Fig 1a)

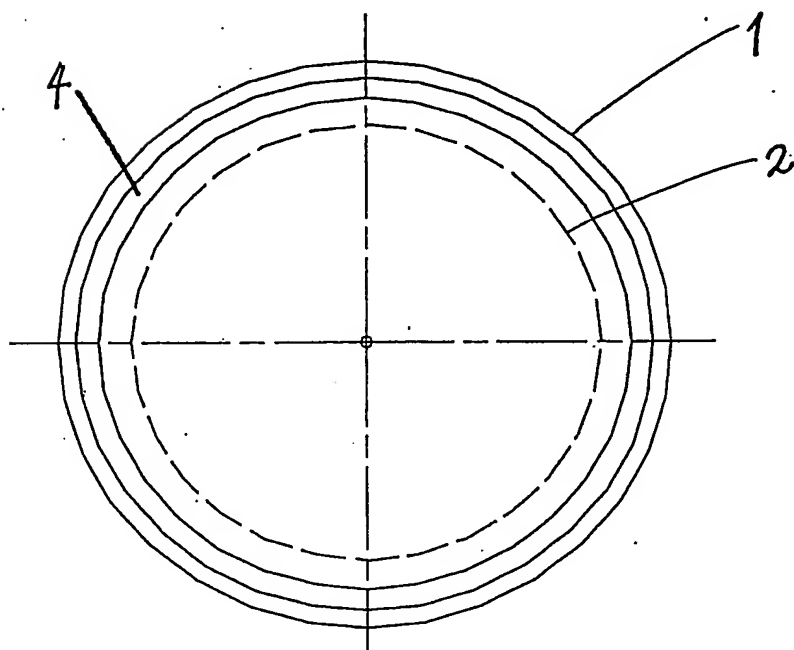
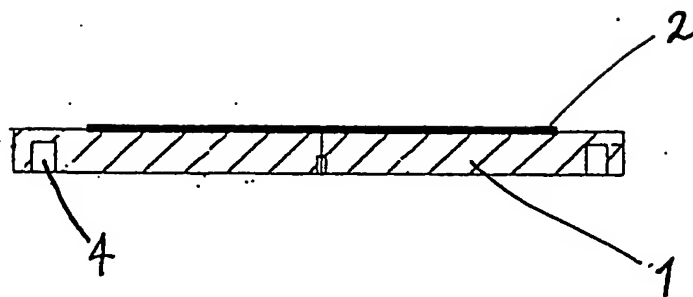


Figure 1b)

2/11

Fig 2a)

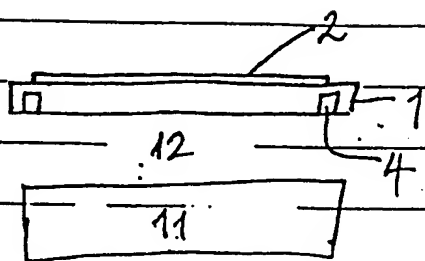


Fig 2b)

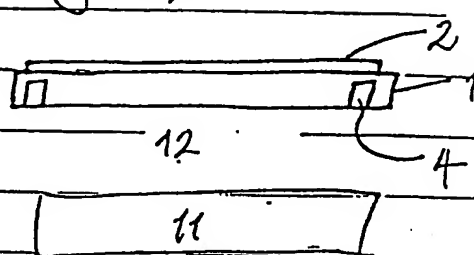


Fig 2c)

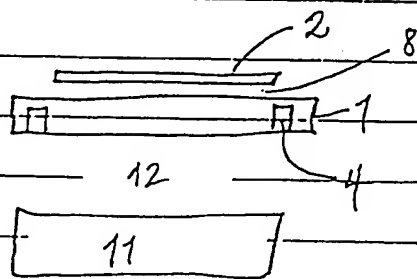
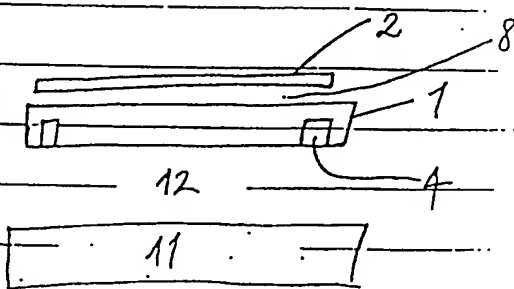


Fig 2d)



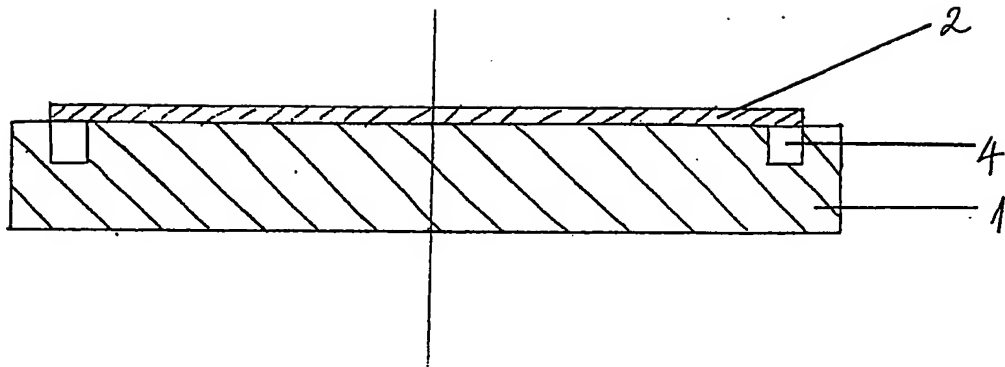


Figure 3

Fig 4a)

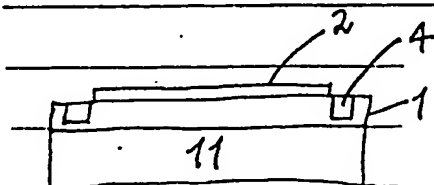


Fig 4b)

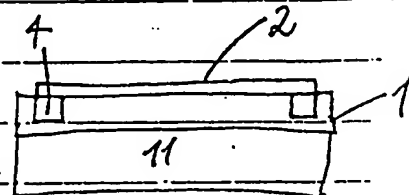


Fig 4c)

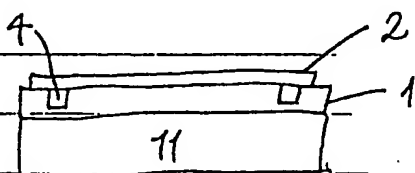


Fig 4d)

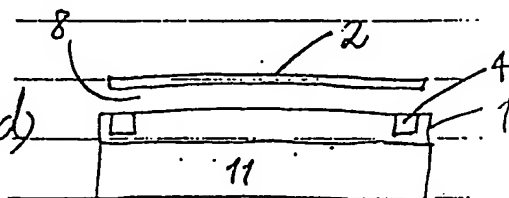
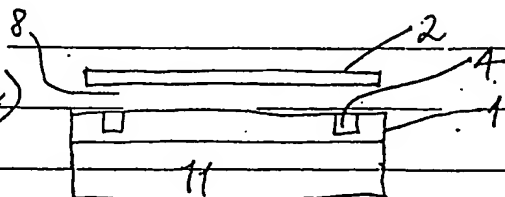


Fig 4e)



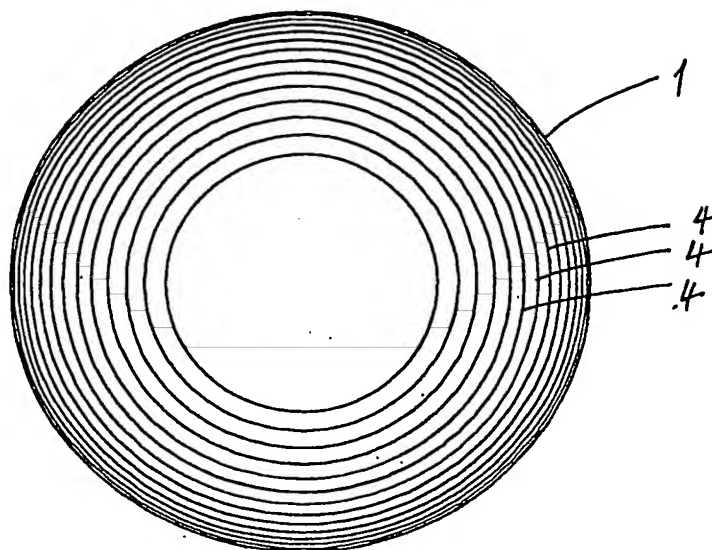


Figure 5

Fig 6a)

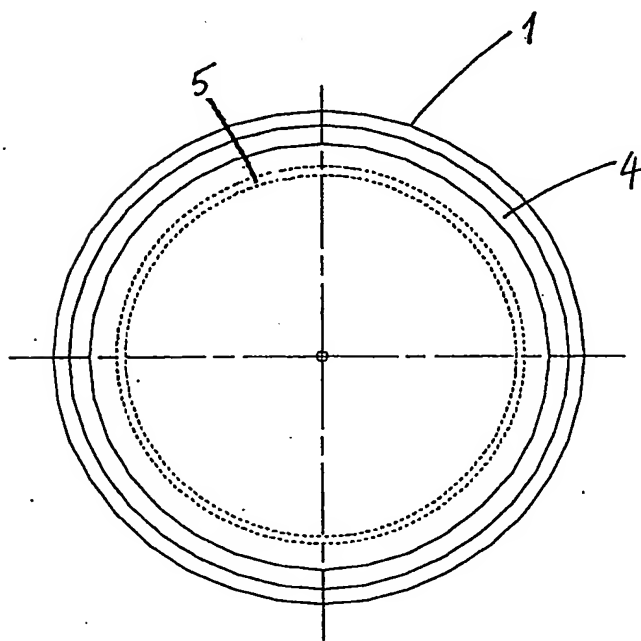
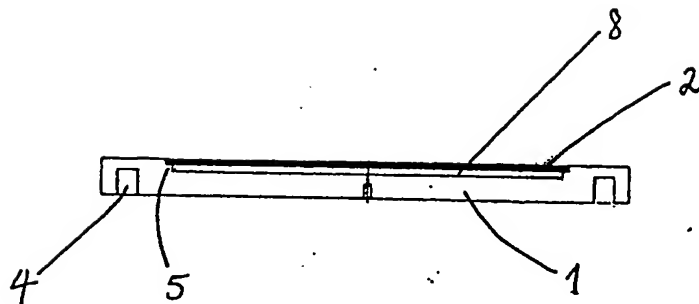


Fig 6b)

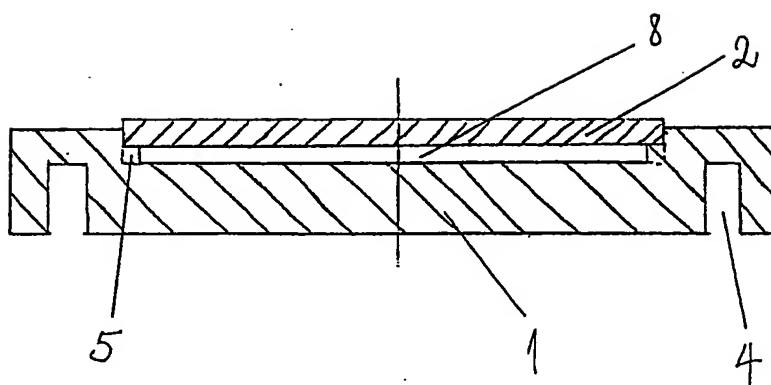


Figure 6c)

Fig 7 a)

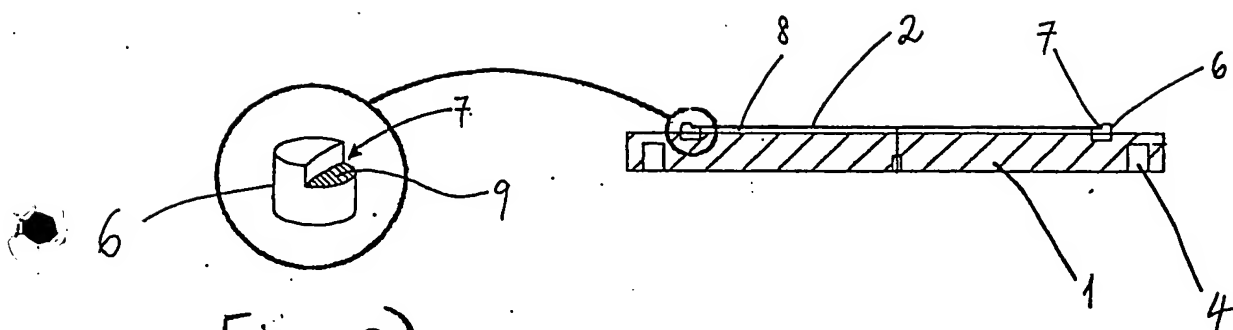


Fig c)

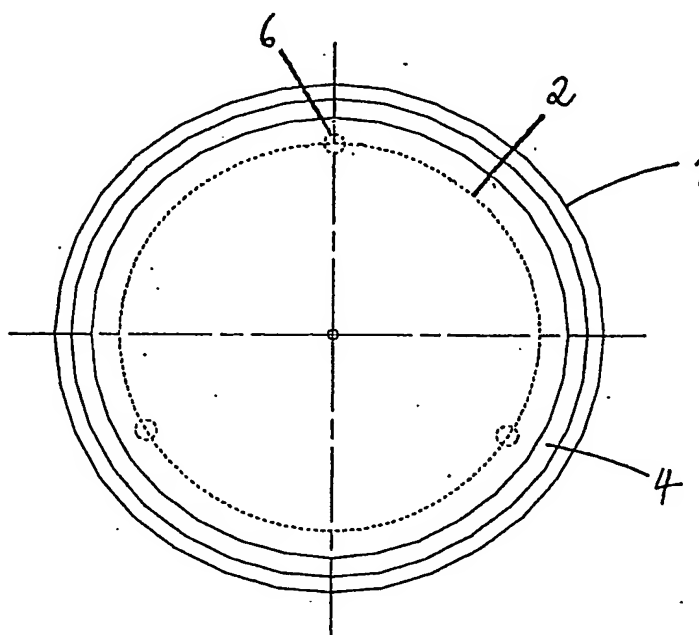


Fig 7 b)

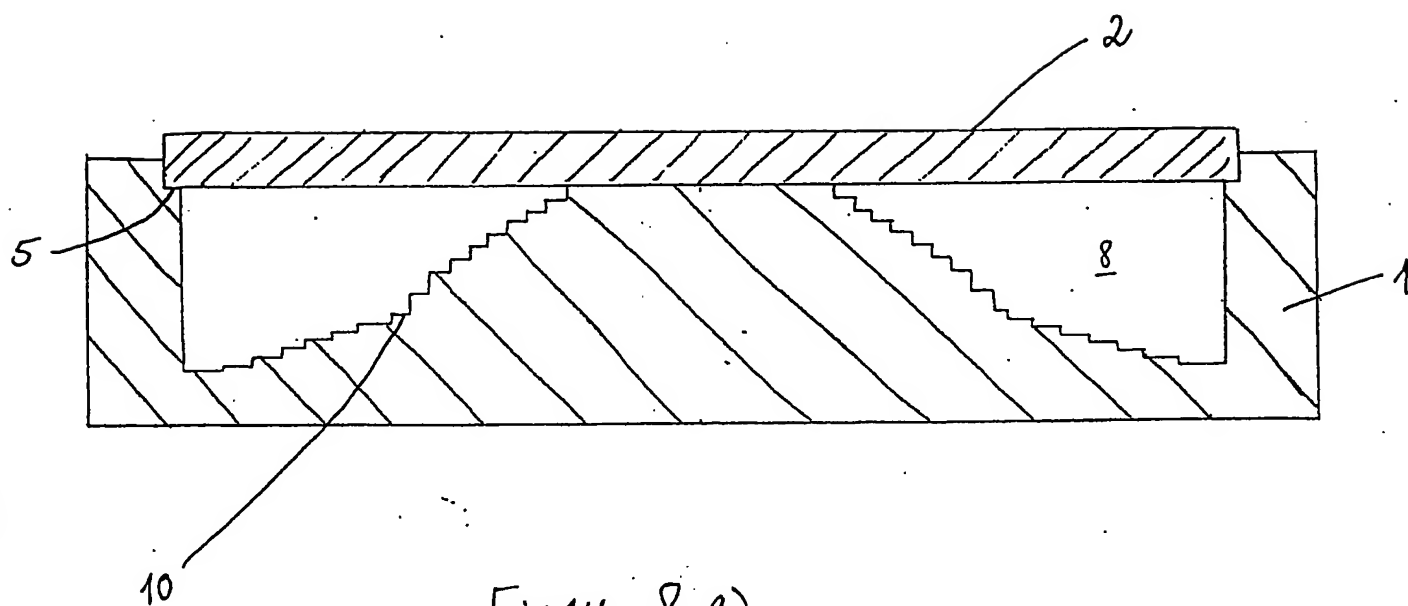


Figure 8 a)

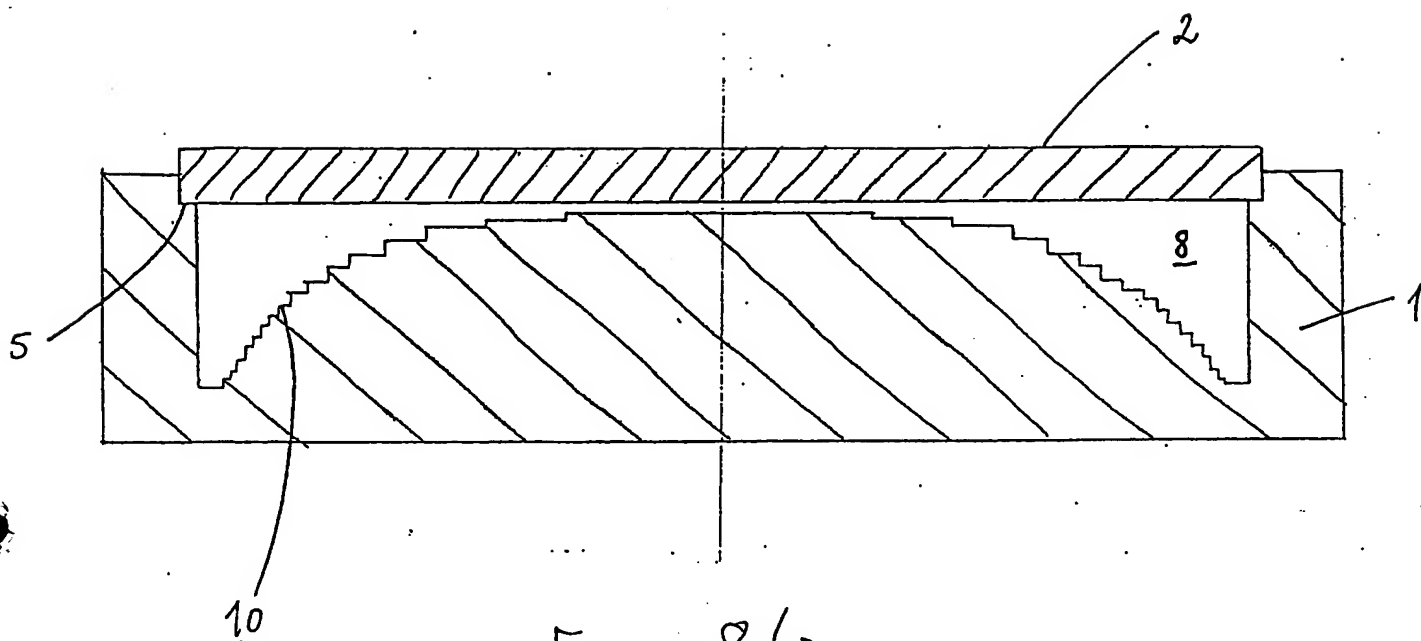


Figure 8 (b)

Fig 9

